



48-я Международная
химическая олимпиада

Теоретический тур

28 июля 2016
Тбилиси, Грузия

Общие указания

- Начинайте работу только после подачи команды START. На решение всех задач вам отводится 5 часов.
- Используйте только выданные вам ручку и калькулятор.
- Задание теоретического тура содержит 23 страниц, а листы ответов — 30 страниц.
- Проверьте, чтобы ваш личный код был напечатан в правом верхнем углу каждого листа ответов.
- Формулировки всех вопросов одинаковы в тексте заданий и в листах ответов
- Ваши ответы должны приводиться только в соответствующих местах (рамках) на листах ответов. Записи вне рамок на листах ответов оцениваться не будут. Используйте обратную сторону листов с заданиями в качестве черновиков.
- В случае необходимости приведите расчёты в соответствующих местах (рамках) на листах ответов. Вы получите ноль баллов, если дадите только ответ, даже правильный, на сложный вопрос не приводя расчетов.
- Если вам нужно в туалет, поднимите руку.
- После выполнения заданий теоретического тура поместите листы ответов в выданный вам конверт. Не заклеивайте его.
- Вы обязаны немедленно прекратить работу после подачи команды STOP. Задержка в выполнении этого требования может привести к аннулированию результатов вашей работы.
- Не покидайте своего места до тех пор, пока не получите на это разрешение ассистента.
- Вы можете попросить официальную версию заданий на английском языке только для уточнения некоторых вопросов в тексте.

Физические постоянные, единицы измерения, формулы и уравнения

Постоянная Авогадро:	$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$	Ноль по шкале Цельсия:	273,15 К
Универсальная газовая постоянная:	$R = 8,314 \text{ Дж} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$	Постоянная Фарадея:	$F = 96485 \text{ Кл} \cdot \text{моль}^{-1}$
Уравнение состояния идеального газа:	$pV = nRT$	Энергия Гиббса:	$G = H - TS$
$\Delta_r G^\circ = -RT \ln K = -nFE^\circ_{\text{ячейки}}$		Ионное произведение воды при 298,15 К:	$K_w = 10^{-14}$
Уравнение Нернста:	$E = E^\circ + \frac{RT}{nF} \ln \frac{c_{Ox}}{c_{Red}} = E^\circ + \frac{0.0591}{n} \lg \frac{c_{Ox}}{c_{Red}}$ или $E = E^\circ - \frac{RT}{nF} \ln Q = E^\circ - \frac{0.0591}{n} \lg Q$		
Закон Бугера — Ламберта — Бера:	$A = \lg \frac{I_0}{I} = \varepsilon cl$		

При расчётах считайте все газы идеальными.

Таблица Менделеева

1											18						
1 H 1.008	2										13	14	15	16	17	2 He 4.003	
3 Li 6.94	4 Be 9.01										5 B 10.81	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.00	10 Ne 20.18	
11 Na 22.99	12 Mg 24.30	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.06	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95
19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.87	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.38	31 Ga 69.72	32 Ge 72.63	33 As 74.92	34 Se 78.97	35 Br 79.90	36 Kr 83.80
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.95	43 Tc -	44 Ru 101.1	45 Rh 102.9	46 Pd 106.4	47 Ag 107.9	48 Cd 112.4	49 In 114.8	50 Sn 118.7	51 Sb 121.8	52 Te 127.6	53 I 126.9	54 Xe 131.3
55 Cs 132.9	56 Ba 137.3	57-71	72 Hf 178.5	73 Ta 180.9	74 W 183.8	75 Re 186.2	76 Os 190.2	77 Ir 192.2	78 Pt 195.1	79 Au 197.0	80 Hg 200.6	81 Tl 204.4	82 Pb 207.2	83 Bi 209.0	84 Po -	85 At -	86 Rn -
87 Fr -	88 Ra -	89-103	104 Rf -	105 Db -	106 Sg -	107 Bh -	108 Hs -	109 Mt -	110 Ds -	111 Rg -	112 Cn -	113 Nh -	114 Fl -	115 Mc -	116 Lv -	117 Ts -	118 Og -
			57 La 138.9	58 Ce 140.1	59 Pr 140.9	60 Nd 144.2	61 Pm -	62 Sm 150.4	63 Eu 152.0	64 Gd 157.3	65 Tb 158.9	66 Dy 162.5	67 Ho 164.9	68 Er 167.3	69 Tm 168.9	70 Yb 173.0	71 Lu 175.0
			89 Ac -	90 Th 232.0	91 Pa 231.0	92 U 238.0	93 Np -	94 Pu -	95 Am -	96 Cm -	97 Bk -	98 Cf -	99 Es -	100 Fm -	101 Md -	102 No -	103 Lr -

Задача 1

5 баллов

Трифторид азота – устойчивое вещество, которое впервые было получено электролизом раствора фторида аммония в жидком фтороводороде.

1.1. На каком электроде образуется трифторид азота? Напишите уравнение полуреакции образования NF_3 .

Интересно, что родственные соединения – фторамин (NH_2F) и дифторамина (NHF_2) – очень неустойчивы; разложение каждого из них может происходить даже со взрывом.

1.2. Предположите, какое из веществ – NF_3 , NHF_2 или NH_2F – имеет самую низкую температуру кипения.

Длины связи N–F в этих молекулах равны 136, 140 и 142 пм. Различие в длинах связи легко объяснимо с точки зрения простой электростатической модели, учитывающей частичные заряды на атомах.

1.3. Установите соответствие между длинами связи N–F (136, 140, 142 пм) и указанными выше молекулами.

При пропускании газообразного NHF_2 через раствор KF в HF образуется бинарное соединение азота и фтора, которое получается в виде смеси двух геометрических изомеров.

1.4. Запишите уравнение реакции образования бинарного соединения азота и фтора.

Ион тетрафтораммония (NF_4^+) и его соли можно получить взаимодействием NF_3 со фтором в присутствии некоторого реагента.

1.5. Предложите подходящий реагент для образования NF_4^+ и напишите уравнение реакции.

Ион NF_4^+ образует устойчивые соли с рядом анионов. Эти соли очень чувствительны к влаге, поскольку NF_4^+ гидролизуеться с образованием NF_3 и O_2 . Интересно, что трифторид азота всегда образуется количественно, тогда как количество кислорода обычно меньше теоретического из-за побочных реакций.

1.6. Запишите уравнение реакции гидролиза NF_4^+ . Запишите уравнение возможной побочной реакции, которая приводит к уменьшению мольного соотношения $\text{O}_2:\text{NF}_3$ по сравнению с теоретически ожидаемым.

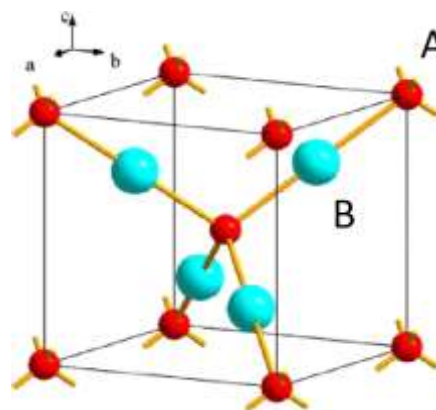
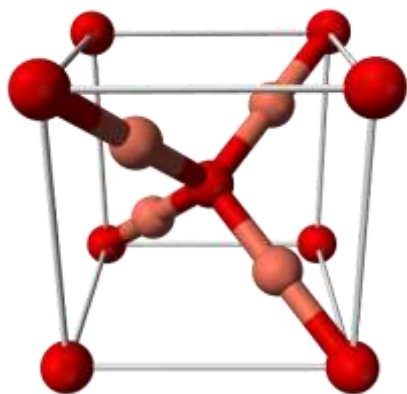
Изучалась возможность использования солей тетрафтораммония в ракетных топливах, поскольку эти соли разлагаются при нагревании с выделением NF_3 и F_2 . Одна из этих солей содержит 65.6% фтора по массе, причем при разложении все атомы фтора переходят в NF_3 и F_2 , которые образуются в мольном соотношении 1 : 2.5.

1.7. Определите формулу соли.

Задача 2

8 баллов

Одним из первых материалов, использованных в твердотельной электронике, был оксид меди(I). В наши дни интерес к нему появился снова, потому что он может быть дешевым и нетоксичным компонентом солнечных батарей.



На двух картинках, приведенных выше, изображена кубическая элементарная ячейка Cu_2O . Длина ребра ячейки составляет 427.0 пм.

2.1.1. Какой из типов атомов (А или В) соответствует меди?

Какой тип решетки (простая кубическая, гранецентрированная кубическая, объемноцентрированная кубическая или алмазоподобная) образован атомами А, а какой – атомами В?

Каковы координационные числа атомов?

2.1.2. Рассчитайте наименьшие расстояния О–О, Cu–О и Cu–Cu в структуре.

2.1.3. Рассчитайте плотность чистого оксида меди(I).

Иногда в структуре присутствуют дефекты – некоторые атомы меди отсутствуют при неизменной решетке кислорода. При исследовании дефектного кристалла было установлено, что 0.2% атомов меди имеют степень окисления +2.

2.2. Сколько процентов позиций для атомов меди не заполнено? Найдите значение x в формуле Cu_{2-x}O для этого кристалла.

Оксид меди(I) нерастворим в воде. Он устойчив в сухом воздухе, но влага, находящаяся в воздухе, катализирует его превращение (Реакция 1).

При растворении оксида меди(I) в разбавленной серной кислоте образуются синий раствор и осадок, при этом газ не выделяется (Реакция 2). При взаимодействии с горячей концентрированной серной кислотой не образуется осадка, но выделяется газ с запахом (Реакция 3). Этот же газ образуется при растворении осадка из реакции 2 в горячей концентрированной серной кислоте.

2.3. Запишите уравнения реакций (1-3).

Оксид меди (I) можно получить разными способами. Нагревание меди на воздухе – обычный метод синтеза полупроводникового Cu_2O . В атмосфере чистого кислорода потенциально могут существовать и переходить друг в друга три вещества, содержащие медь ($\text{Cu}(\text{тв.})$, $\text{Cu}_2\text{O}(\text{тв.})$ и $\text{CuO}(\text{тв.})$).

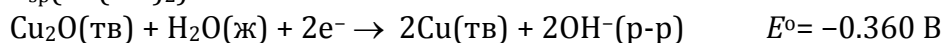
В таблице приведены значения $\Delta_f H^\circ$ и S° при давлении 10^5 Па, которые можно считать не зависящими от температуры:

	$\Delta_f H^\circ / \text{кДж моль}^{-1}$	$S^\circ / \text{Дж моль}^{-1} \text{К}^{-1}$
$\text{Cu}(\text{тв.})$	0	65
$\text{O}_2(\text{г.})$	0	244
$\text{CuO}(\text{тв.})$	-156	103
$\text{Cu}_2\text{O}(\text{тв.})$	-170	180

2.4. Определите температурные интервалы термодинамической устойчивости (если они есть) для меди и ее оксидов в диапазоне от 500 до 1500 К в атмосфере чистого кислорода при давлении 10^5 Па.

Следующие справочные данные приведены для 298 К. Для всех последующих вычислений в задаче используйте эту температуру:

$$K_{\text{sp}}(\text{Cu}(\text{OH})_2) = 2 \cdot 10^{-19}$$



Другой способ получения Cu_2O – анодное окисление меди. При электролизе раствора щелочи (например NaOH) с медным анодом и платиновым катодом на аноде может образоваться оксид меди(I).

2.5. Запишите уравнения полуреакций, протекающих на электродах при электролизе раствора NaOH с платиновым катодом и медным анодом.

Еще один метод синтеза Cu_2O – электролитическое восстановление раствора соли меди (II).

2.6.1. Запишите уравнение полуреакции образования Cu_2O на катоде в кислой среде.

Раствор 0.100 моль дм^{-3} Cu^{2+} подвергли электролизу с платиновыми электродами.

2.6.2. Рассчитайте максимальное значение pH раствора, при котором концентрация меди(II) может быть равна 0.100 моль дм^{-3} .

При слишком низком pH вместо образования оксида меди (I) идет восстановление до металлической меди.

2.6.3. Рассчитайте минимальное значение pH, при котором на катоде вместо меди будет образовываться Cu_2O при электролизе 0.100 моль дм^{-3} раствора Cu^{2+} .

Задача 3

9 баллов

Недостаток иода - довольно распространенная проблема в Грузии, потому что почва и вода бедны иодом. Дефицит иода может быть легко восполнен с помощью иодированной соли, поэтому методы определения иода в соли довольно актуальны. По санитарным нормам Грузии иодированная соль должна содержать 25-55 ppm иода (1 ppm = 1 мг иода/кг соли).

Большая часть соли иодирована с помощью добавки иодата калия (KIO_3). Содержание иодата в образце соли может быть определено с помощью иодометрического титрования. В типовой методике 10.000 г иодированной соли растворяют в 100 см^3 1.0 моль/дм³ водного раствора HCl, содержащего 1.0 г KI. Полученный раствор титруют 0.00235 моль/дм³ водного раствора тиосульфата натрия, конечную точку титрования определяют с помощью крахмала. На титрование было потрачено 7.50 см^3 титранта.

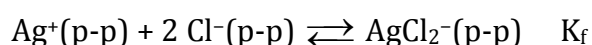
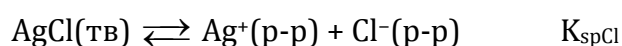
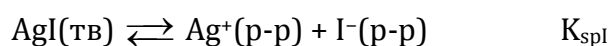
- 3.1.1.** Запишите сокращенное ионное уравнение иодата с избытком иодида в кислой среде.
- 3.1.2.** Запишите сокращенное ионное уравнение реакции, протекающей при титровании тиосульфатом.
- 3.1.3.** Рассчитайте содержание иода в образце в ppm.

Менее распространенной иодирующей добавкой является иодид калия, содержание которого трудно определить с помощью иодометрического титрования.

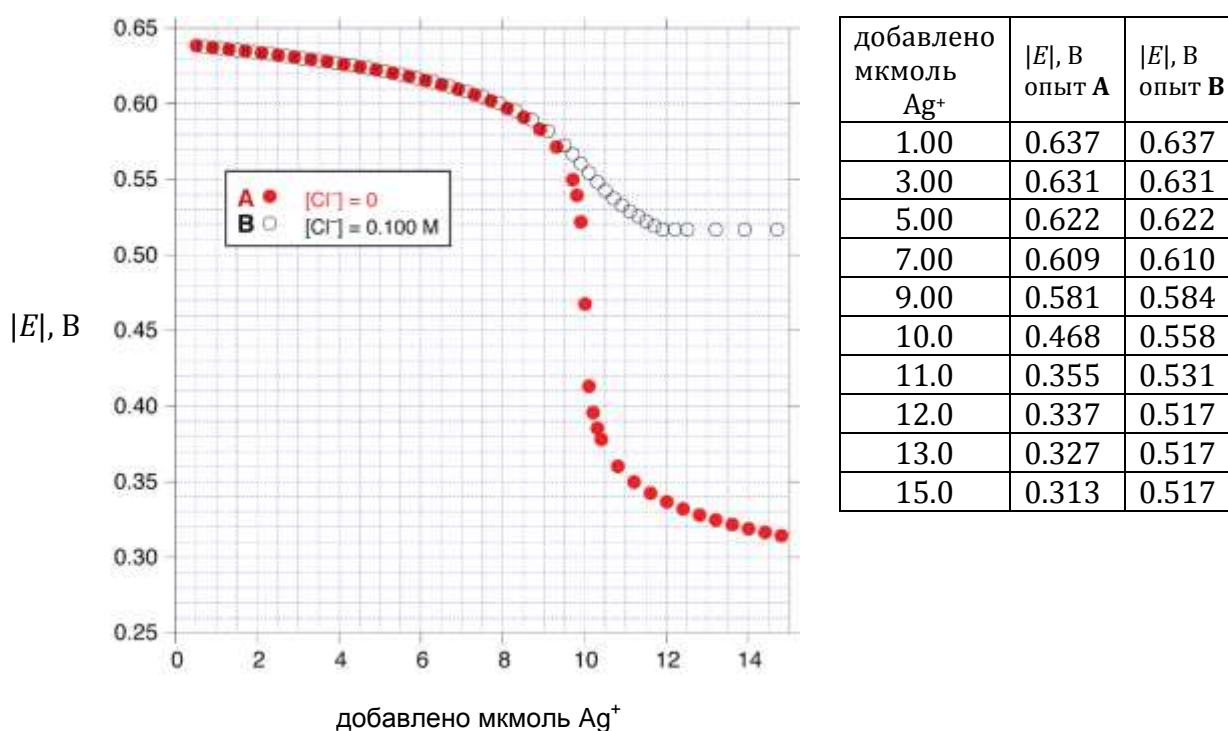
Одним из возможных методов определения иодида в присутствии хлорида является потенциометрическое титрование. Однако, этот метод становится не очень точным в присутствии большого количества хлорида.

В этом методе серебряный электрод погружают в анализируемый раствор (который содержит иодид и хлорид) и постепенно добавляют раствор, содержащий ионы серебра. Потенциал серебряного электрода определяют относительно стандартного электрода, состоящего из серебряной проволоки, погруженной в 1.000 моль/дм³ раствор $AgNO_3$. Измеренные потенциалы отрицательны, а записывают их абсолютное значение. Объем анализируемого раствора составляет 1.000 дм³ (можете считать, что он не изменяется в ходе титрования), температура $T = 25.0^\circ\text{C}$.

На результаты титрования влияют три равновесия: растворение $AgI(\text{тв})$ [K_{spI}] и $AgCl(\text{тв})$ [K_{spCl}] и образование $AgCl_2^-(\text{р-р})$ [K_f]. (Иодид также образует комплекс с серебром, но его образованием можно пренебречь, т.к. концентрация иодида в растворе мала).



Ниже приведены результаты двух экспериментов – зависимости абсолютного значения измеренного потенциала от количества молей добавленных ионов серебра. Эксперимент **A** (сплошные кружочки) проводился с 1.000 дм³ раствора, содержащего 1.00·10⁻⁵ моль/дм³ иодида и не содержащего хлорида. Эксперимент **B** (белые кружочки) проводился с 1.000 дм³ раствора, содержащего 1.00·10⁻⁵ моль/дм³ иодида и 1.00·10⁻¹ моль/дм³ хлорида.



- 3.2.1.** Выберите подходящую точку из приведенных данных и рассчитайте по ней произведение растворимости AgI (K_{spI}).
- 3.2.2.** Выберите подходящую точку из приведенных данных и рассчитайте по ней произведение растворимости AgCl (K_{spCl}).
- 3.2.3.** Выберите подходящую точку из приведенных данных и рассчитайте по ней константу K_f .

Возможно, для этого вам понадобятся значения K_{spI} или K_{spCl} . Но даже если вы не смогли их рассчитать в пп. **3.2.1** и **3.2.2**, можете использовать значения для особо одаренных: $K_{spI} = 1.00 \cdot 10^{-15}$ и $K_{spCl} = 1.00 \cdot 10^{-9}$ без потери баллов.

Более практичный аналитический метод, который не чувствителен к присутствию хлорида, основан на реакции Санделла-Кольтгоффа. Это – реакция H_3AsO_3 с Ce(IV) в кислой среде с образованием Ce(III), где иодид играет роль катализатора.

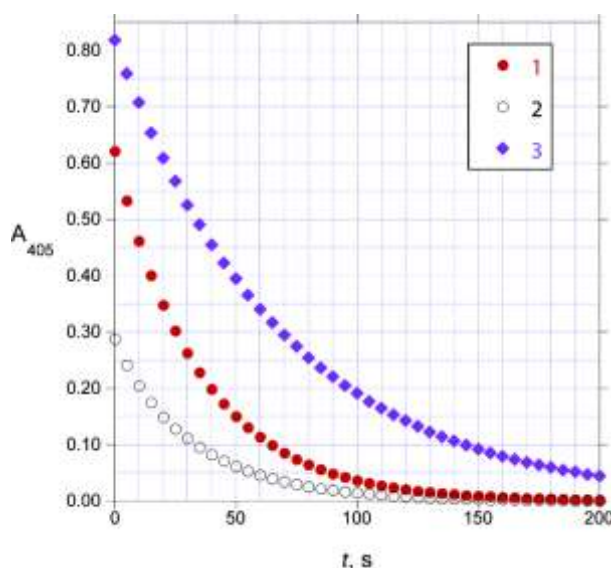
- 3.3.1.** Запишите сокращенное ионное уравнение реакции церия(IV) с H_3AsO_3 в кислой среде, а также реакции церия(IV) с веществом, содержащим иод, и

реакции H_3AsO_3 с веществом, содержащим иод, которые объясняют каталитические свойства иодида в целевой реакции.

За протеканием реакции Ce(IV) с H_3AsO_3 можно следить по поглощению света на длине волны 405 нм, т.к. Ce(IV) – оранжевый и сильно поглощает при 405 нм, в то время как остальные вещества бесцветны и не поглощают в заметных количествах. Было проведено три эксперимента при 25.0°C в растворах, содержащих 0.50 моль/дм³ H_2SO_4 и вещества в следующих начальных концентрациях:

№ опыта	$[\text{H}_3\text{AsO}_3]_0$, моль дм ⁻³	$[\text{Ce(IV)}]_0$, моль дм ⁻³	$[\text{I}^-]_0$, моль дм ⁻³
1	0.01250	0.00120	$1.43 \cdot 10^{-6}$
2	0.00625	0.00060	$1.43 \cdot 10^{-6}$
3	0.01250	0.00120	$7.16 \cdot 10^{-7}$

Экспериментатор начинал реакции, смешивая вещества в кювете. После небольшой задержки (в каждом опыте разной) он начинал отсчет времени, первая точка всегда была $t=0$ с. Полученные данные приведены ниже в таблице и на рисунке:



t, c	A_{405} опыт 1	A_{405} опыт 2	A_{405} опыт 3
0	0.621	0.287	0.818
20	0.348	0.149	0.608
40	0.198	0.083	0.455
60	0.113	0.046	0.340
80	0.064	0.025	0.254
100	0.037	0.014	0.191

В этих условиях (0.5 моль/дм³ H_2SO_4 , 25.0°C), кинетическое уравнение может быть записано следующим образом:

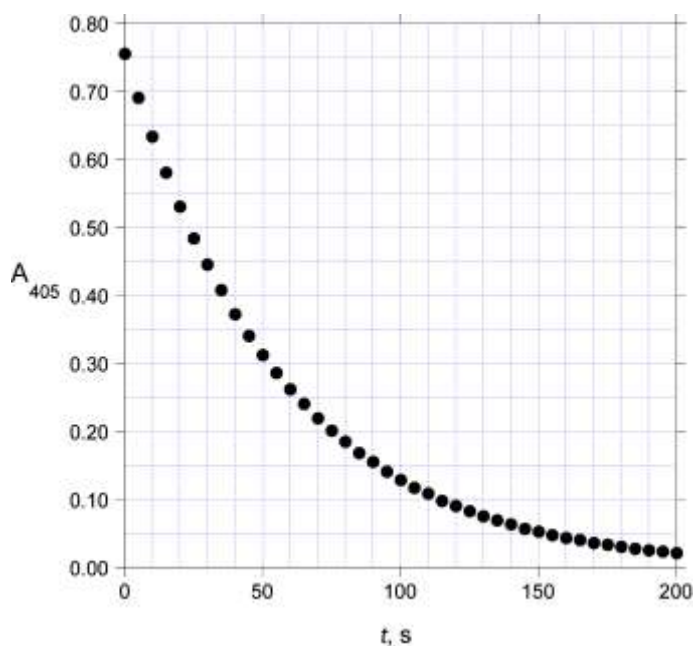
$$r = k [\text{H}_3\text{AsO}_3]^m [\text{Ce(IV)}]^n [\text{I}^-]^p$$

где m , n , и p – целые числа.

3.3.2. Определите целые значения m , n и p и рассчитайте значение k (не забудьте указать размерность).

Навеску 1.000 г иодированной соли растворили в воде и получили 10.00 см³ раствора. Аликвоту 0.0500 см³ прилили к раствору, полученному смешением

1.000 см³ раствора 0.025 моль/дм³ H₃AsO₃ в 0.5 моль/дм³ H₂SO₄ и 0.800 см³ раствора 0.5 моль/дм³ H₂SO₄. К смеси добавили 0.200 см³ раствора 0.0120 моль/дм³ Ce(NH₄)₂(NO₃)₆ в 0.5 моль/дм³ H₂SO₄ и начали измерения поглощения при длине волны 405 нм как функции времени при 25.0°C:



t, c	A_{405}
0	0.756
20	0.531
40	0.373
60	0.262
80	0.185
100	0.129

3.3.3. Рассчитайте содержание иода в образце соли в ppm.

Задача 4

8 баллов

Кинетические исследования при водоподготовке

Промышленные отходы – одна из основных причин загрязнения воды. Для разработки методов борьбы с ними широко используют кинетические исследования. 1,4-диоксан, также называемый просто диоксаном, – широко используемый в промышленности растворитель и один из типичных загрязнителей. Он может быть окислен до безвредных продуктов такими окислителями как пероксодисульфат, озон и перекись водорода.

Ниже приведены данные о кинетике окисления диоксана пероксодисульфатом калия ($K_2S_2O_8$) в присутствии $AgNO_3$ как катализатора при $T = 303.15$ К. За ходом реакции следят, измеряя концентрацию пероксодисульфата. Концентрация $AgNO_3$ равна $1.00 \cdot 10^{-3}$ ммоль·дм⁻³.

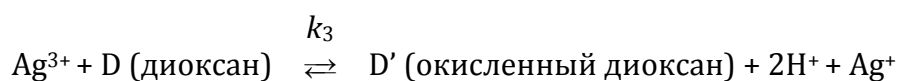
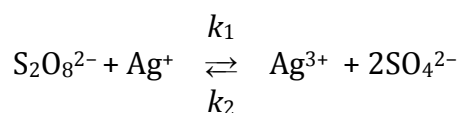
№ опыта	Диоксан, ммоль·дм ⁻³	$K_2S_2O_8$, ммоль·дм ⁻³	Начальная скорость, ммоль·дм ⁻³ ·мин ⁻¹
1	0.0100	2.50	$1.661 \cdot 10^{-2}$
2	0.0100	5.10	$3.380 \cdot 10^{-2}$
3	0.00500	13.8	$9.200 \cdot 10^{-2}$
4	0.0110	13.8	$9.201 \cdot 10^{-2}$

Во многих странах предельно допустимой концентрацией диоксана в питьевой воде считается 0.35 мкг·дм⁻³.

В образце воды изначально содержится 40.00 мкг·дм⁻³ диоксана. Примем, что на окисление 1 моля диоксана требуется 1 моль пероксодисульфата. Концентрация $AgNO_3$, использованная в опыте, равна $1.00 \cdot 10^{-3}$ ммоль·дм⁻³.

4.1.1. Рассчитайте время в минутах, затрачиваемое на снижение концентрации диоксана до допустимого уровня при 303.15 К и начальной концентрации $K_2S_2O_8$, равной $5.0 \cdot 10^{-6}$ моль·дм⁻³. Примите, что в данном случае справедливо кинетическое уравнение, полученное из приведенных выше данных.

Для окисления диоксана пероксодисульфатом было предложено несколько механизмов. Мизра и Гош (1963) предложили следующий:



4.1.2. Используя квазистационарное приближение для $Ag(III)$, выведите кинетическое уравнение для скорости окисления диоксана.

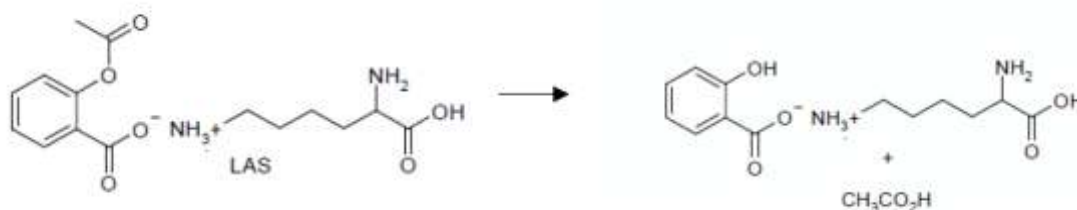
4.1.3. Выберите верное(верные) утверждение(утверждения):

- А) Кинетическое уравнение, полученное в 4.1.2, согласуется с экспериментальными данными из 4.1.1 при очень высоких концентрациях диоксана.
- В) Кинетическое уравнение, полученное в 4.1.2, согласуется с экспериментальными данными из 4.1.1 при очень низких концентрациях диоксана.
- С) Размерность эффективной константы скорости при очень высоких концентрациях диоксана – $\text{дм}^3 \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$.
- Д) Размерность эффективной константы скорости при очень низких концентрациях диоксана – $\text{дм}^3 \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$.

Деградация фармацевтических препаратов – кинетические закономерности

Кинетические исследования используются для определения времени хранения лекарств. На время хранения препаратов могут оказывать влияние сразу несколько реакций, скорости которых зависят от pH, температуры и влажности.

Лизина ацетилсалицилат (LAS) – болеутоляющее и противовоспалительное средство, продаваемое под названием Аспегик. При гидролизе LAS образует лизина салицилат и уксусную кислоту.



Гидролиз LAS может проходить тремя путями: (а) кислотный катализ, (b) без катализа, (с) основной катализ.

Если обозначить концентрацию LAS в момент времени t как $[\text{LAS}]$, то суммарную скорость гидролиза можно записать как

$$-\frac{d[\text{LAS}]}{dt} = k_{\text{H}}[\text{LAS}][\text{H}^+] + k_0[\text{LAS}] + k_{\text{OH}}[\text{LAS}][\text{OH}^-]$$

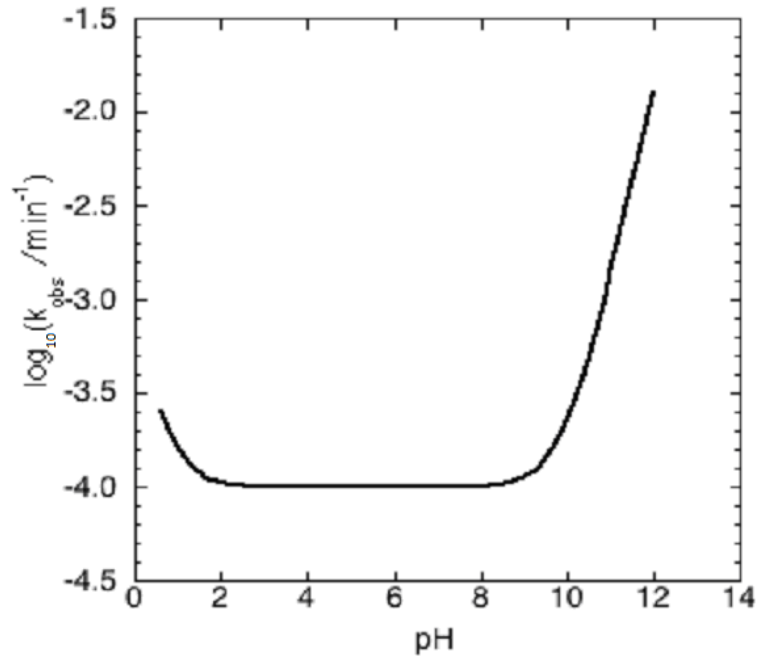
где k_{H} , k_0 и k_{OH} – константы скорости гидролиза соответственно при кислотном катализе, без катализа и при основном катализе. Суммарная константа скорости определяется выражением:

$$-\frac{d[\text{LAS}]}{dt} = k_{\text{obs}}[\text{LAS}]$$

4.2.1. Выразите k_{obs} через k_{H} , k_0 , k_{OH} и $[\text{H}^+]$.

Гидролиз LAS проводили при 298.15 K при разных значениях pH (от 0.50 до 13.0). В опытах использовали очень низкую начальную концентрацию LAS, чтобы pH не менялся в ходе реакции.

На графике приведена зависимость суммарной константы скорости k_{obs} гидролиза LAS от pH:



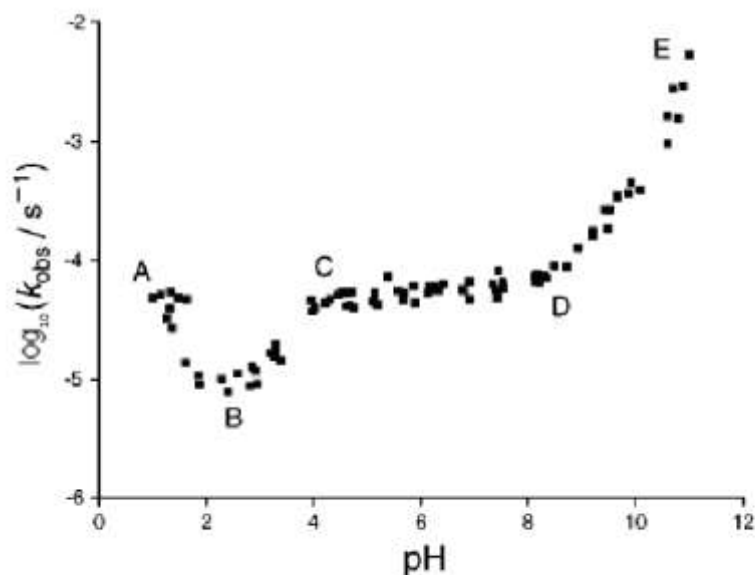
4.2.2. Какой/какие из нижеприведенных пунктов верен/верны?

- A) $k_{\text{obs}} \cong k_0$ при pH = 12
- B) $k_{\text{obs}} \cong k_0$ при pH = 5.0
- C) Скорость реакции увеличивается при изменении pH от 0.50 до 1.0.
- D) Скорость реакции увеличивается при изменении pH от 10 до 12.

4.2.3. Используя график и нижеприведенные данные, рассчитайте k_{H} , k_0 и k_{OH} . Не забудьте указать размерность.

pH	1.300	5.300	12.180
$\log_{10}(k_{\text{obs}}/\text{мин}^{-1})$	-3.886	-4.000	-1.726

Ацетилсалициловая кислота, также известная как аспирин, - жаропонижающий, болеутоляющий и противовоспалительный препарат. Как и в случае с LAS, гидролиз аспирина может происходить по-разному при разных pH. Зависимость суммарной константы скорости реакции k_{obs} от pH при **333.15 К** приведена на графике:



Ниже приведены реакции, по которым может происходить гидролиз аспирина. В зависимости от pH одна или несколько реакций из списка будут преобладать.

- I. $\text{CH}_3\text{COOC}_6\text{H}_4\text{COOH} + \text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow \text{HOOC}_6\text{H}_4\text{COOH} + \text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}^+$
- II. $\text{CH}_3\text{COOC}_6\text{H}_4\text{COOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HOOC}_6\text{H}_4\text{COOH} + \text{CH}_3\text{COOH}$
- III. $\text{CH}_3\text{COOC}_6\text{H}_4\text{COOH} + \text{OH}^- \rightarrow \text{HOOC}_6\text{H}_4\text{COO}^- + \text{CH}_3\text{COOH}$
- IV. $\text{CH}_3\text{COOC}_6\text{H}_4\text{COO}^- + \text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow \text{HOOC}_6\text{H}_4\text{COOH} + \text{CH}_3\text{COOH}$
- V. $\text{CH}_3\text{COOC}_6\text{H}_4\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HOOC}_6\text{H}_4\text{COO}^- + \text{CH}_3\text{COOH}$
- VI. $\text{CH}_3\text{COOC}_6\text{H}_4\text{COO}^- + \text{OH}^- \rightarrow \text{HOOC}_6\text{H}_4\text{COO}^- + \text{CH}_3\text{COO}^-$

4.3.1. Используя вышеприведенный график для зависимости константы скорости k_{obs} от pH и уравнения реакций, укажите верное/верные утверждение/утверждения. (pK_a аспирина = 3.57 при 333.15 K)

- a) В области C-D преобладает реакция IV
- b) В области C-D преобладает реакция V
- c) В области D-E преобладает реакция VI
- d) В области A-B преобладает реакция II

График зависимости k_{obs} от pH для реакции гидролиза аспирина имеет минимум при определенном pH. При **290.15 K** для реакций I, II и III были найдены следующие значения констант скорости:

k_{H} (реакция I)	k_0 (реакция II)	k_{OH} (реакция III)
$1.99 \text{ дм}^3 \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{сутки}^{-1}$	$2.29 \cdot 10^{-4} \text{ сутки}^{-1}$	$3.18 \cdot 10^9 \text{ дм}^3 \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{сутки}^{-1}$

Ионное произведение воды при 290.15 K равно $1.0 \cdot 10^{-14}$.

4.3.2. Приняв, что протекают только реакции I, II и III, рассчитайте значение pH в минимуме k_{obs} .

Задача 5

8 баллов

5500 лет назад в древнем Египте впервые был получен синий краситель, который сейчас известен как **Египетский синий**. Примерно 2000 лет спустя в древнем Китае широко использовался другой краситель, известный ныне как **Китайский синий**. Оба красителя схожи по структуре, но имеют разный элементный состав.

Древние методы синтеза этих красителей легко воспроизвести в современной лаборатории.

В этой задаче принимается, что все вещества являются чистыми, а выходы - количественными.

Для синтеза **Египетского синего** нагревали 10.0 г минерала **A** с 21.7 г SiO_2 и 9.05 г минерала **B** при 800–900°C в течение продолжительного времени. В результате выделилось 16.7 дм³ смеси двух газов (измерено при температуре 850°C и давлении 101.3 кПа) и образовалось 34.0 г красителя, других веществ обнаружено не было. При охлаждении газовой смеси один из компонентов сконденсировался. Оставшийся газ дальше охладили до 0°C, его объем при этой температуре составил 3.04 дм³.

5.1.1. Найдите массу газовой смеси, образующейся при нагревании **A** с **B** и SiO_2 .

5.1.2. Определите количественный состав газовой смеси.

При нагревании 10.0 г минерала **A** с 21.7 г SiO_2 в отсутствие **B** образуется 8.34 дм³ смеси газов (измерено при температуре 850°C и давлении 101.3 кПа). Минерал **A** содержит только один металл.

5.1.3. Рассчитайте молярную массу и установите формулу минерала **B**. Подсказка: это – твердое вещество с ионной структурой, не растворимое в воде и не содержащее кристаллизационной воды.

Для синтеза **Китайского синего** надо взять 17.8 г минерала **C** вместо минерала **B** (количества **A** и SiO_2 – такие же, как и для Египетского синего) и нагреть смесь до более высоких температур. Кроме красителя образуются те же газообразные продукты и в тех же количествах, что и для Египетского синего.

5.1.4. Определите формулу минерала **C**.

5.1.5. Определите формулы красителей Египетского синего и Китайского синего.

5.1.6. Определите формулу минерала **A**.

Элементный анализ некоторых образцов Китайского синего показал наличие следов серы. Это позволило предположить, что при синтезе этих образцов использовали другой известный минерал вместо **C**.

5.2.1. Предложите формулу минерала, который могли использовать вместо **C**.

5.2.2. Можно ли было проводить синтез Китайского синего при пониженной температуре в случае использования этого минерала вместо С?

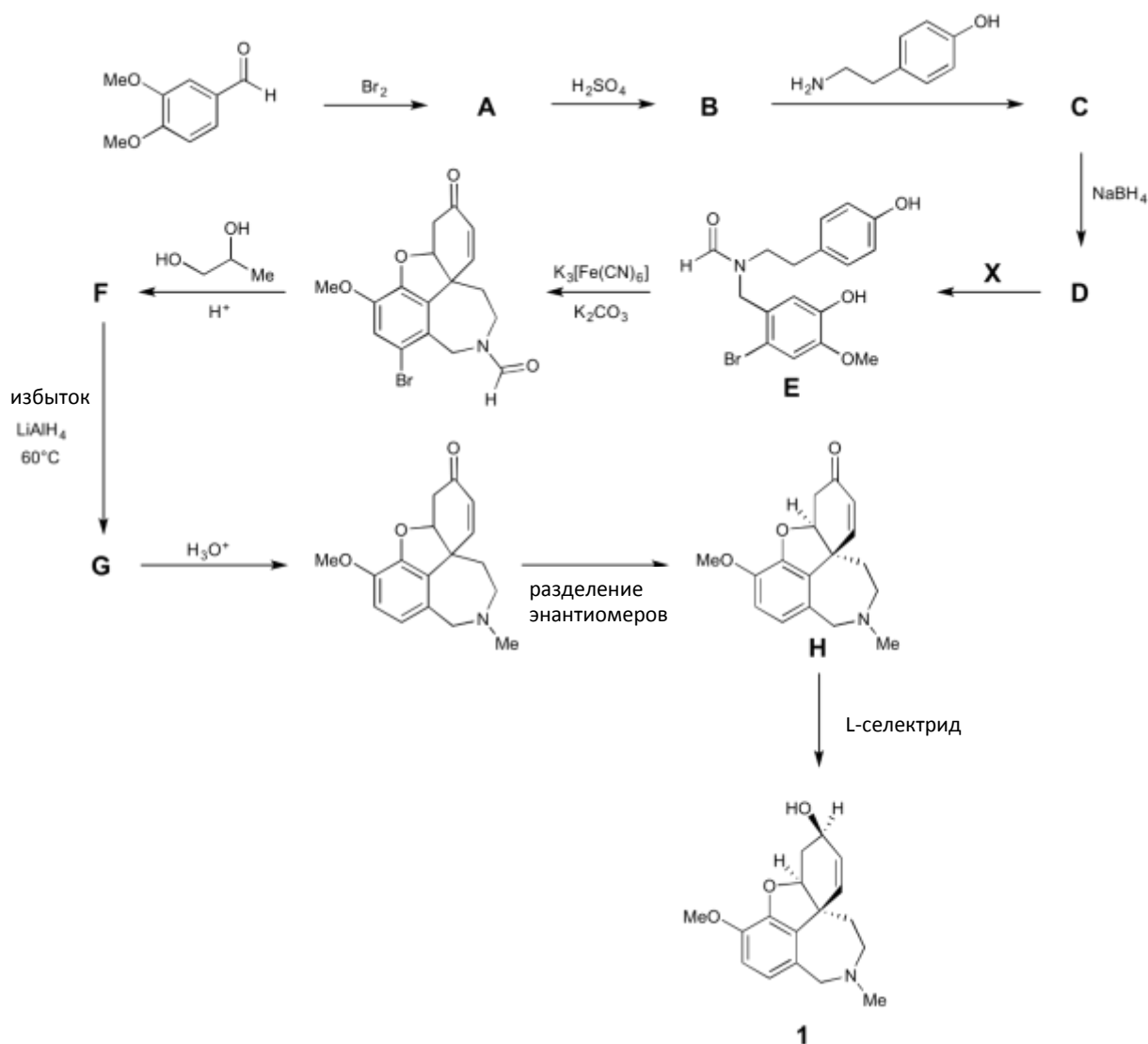
Если для синтеза Китайского синего взять меньшие количества диоксида кремния, то в описанном выше процессе образуется краситель другого цвета: Китайский фиолетовый. Его использовали, в частности, для окрашивания знаменитых терракотовых статуй китайских воинов.

5.3. Запишите формулу бинарного соединения, которое образуется при синтезе Китайского фиолетового и отвечает за отличие его цвета от цвета Китайского синего.

Задача 6

7 баллов

Хотя до сих пор не существует лечения от болезни Альцгеймера, некоторые лекарственные средства позволяют контролировать это нейродегенеративное заболевание. Примером такого лекарства является галантамин **1**, относящийся к ингибиторам ацетилхолинэстеразы. Это соединение можно выделить из подснежника кавказского, произрастающего в Грузии, однако для терапии требуются большие количества галантамина, доступные лишь синтетически. Ниже приведена схема, по которой галантамин получают в промышленности.



Примечания к синтезу:

- Спектр ^1H ЯМР вещества **A** свидетельствует о наличии двух ароматических протонов в *para*-положении друг относительно друга.
- Вещество **C** неустойчиво в водной среде, поэтому его не выделяют, а медленно вводят в реакцию с NaBH_4 , получая **D**.

6.1.1. Запишите структурные формулы соединений **A**, **B**, **C**, **D**, **F** и **G**. Ни одна из указанных реакций, кроме последней с L-селектридом, не является стереоселективной, поэтому стереохимию соединений в ответах указывать не нужно.

6.1.2. Предложите формулу реагента **X**, с помощью которого можно превратить соединение **D** в соединение **E**.

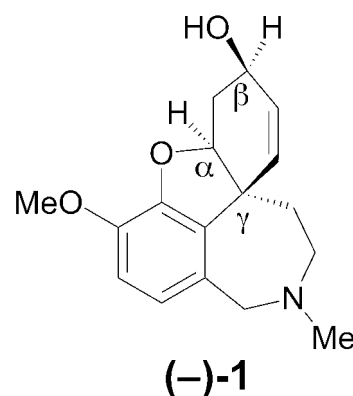
Удельное оптическое вращение продукта, полученного при разделении энантиомеров, составило $-400^{\circ}\cdot\text{см}^2\cdot\text{г}^{-1}$, тогда как удельное оптическое вращение чистого энантиомера составляет $-415^{\circ}\cdot\text{см}^2\cdot\text{г}^{-1}$ (измерения ведутся в одинаковых условиях). Считайте, что единственной оптически активной примесью является другой энантиомер.

Одним из способов выражения оптической чистоты является величина энантиомерного избытка (*ee*). Она определяется как разница в процентных содержаниях энантиомеров в смеси. Например, для смеси 70 % *R*-энантиомера и 30 % *S*-энантиомера *ee* составляет 40 %.

6.2.1. Каков энантиомерный избыток в образце, полученном промышленным способом?

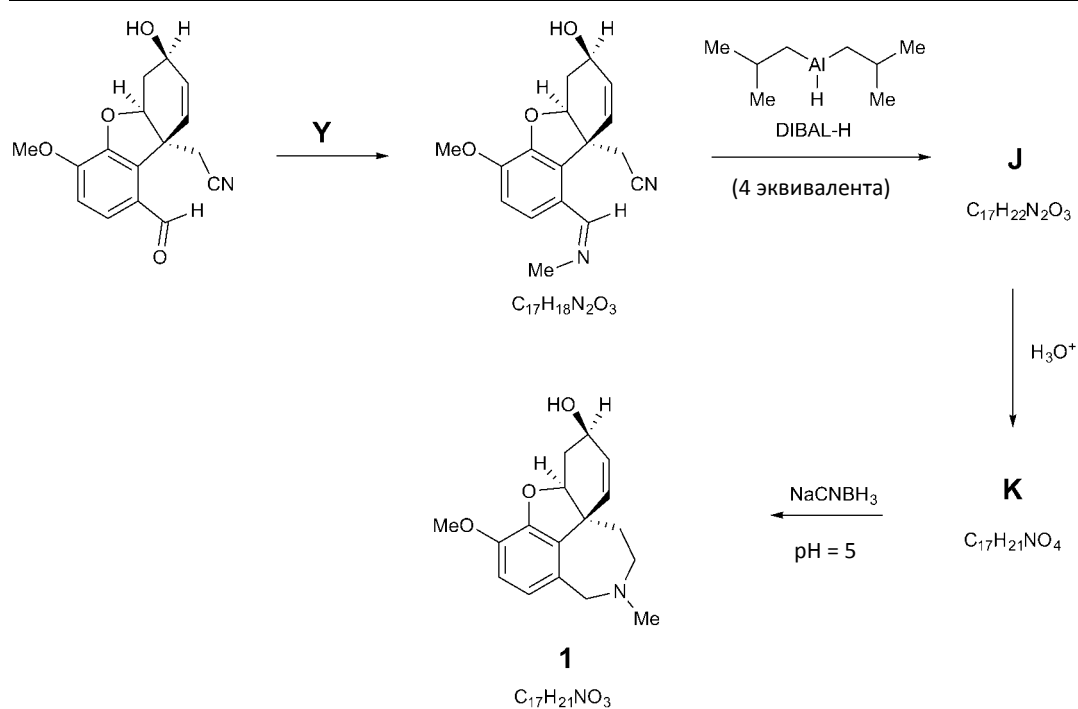
L-Селектрид представляет собой продажный реагент, под действием которого последняя стадия протекает стереоселективно.

6.2.2. Определите абсолютную конфигурацию обозначенных стереоцентров (α , β , γ) в соединении **(-)-1** по *R/S*-номенклатуре.



6.2.3. Приведите формулу реагента, который осуществляет ту же самую реакцию, что и L-селектрид, превращая **H** в **1**. Стереоселективность в данном случае не важна.

Альтернативный подход к синтезу галантамина основан на том, что в ходе синтеза последним из всех формируется семичленный цикл.



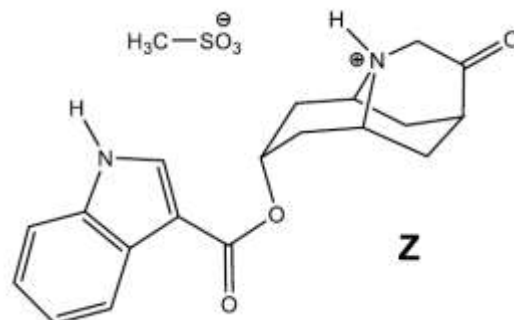
6.3.1. Приведите формулу соединения **Y**, под действием которого протекает первое превращение в данной схеме.

6.3.2. Предложите структурные формулы для соединений **J** и **K**.

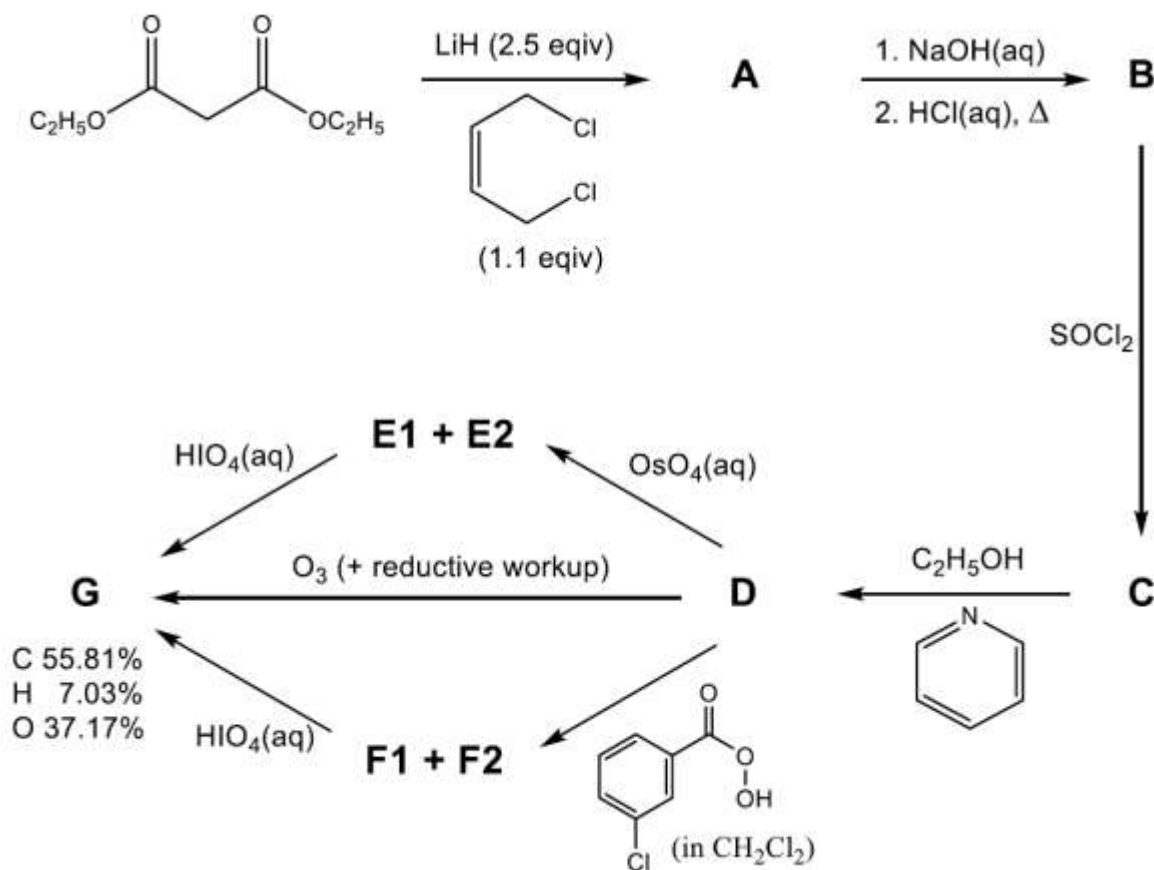
Задача 7

8 баллов

В этой задаче описан синтез мезилата доласетрона **Z** (изображен справа), лекарственного препарата, продаваемого под торговым названием *Анзет* и используемого для подавления симптомов послеоперационной тошноты и рвоты.



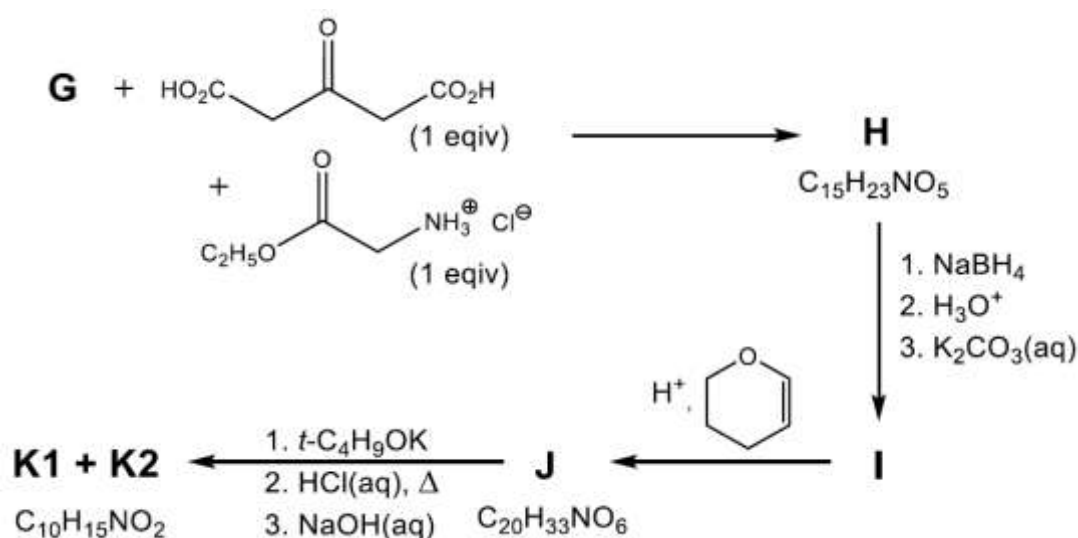
Первая часть синтеза препарата показана ниже.



Соединение **A** содержит цикл и состоит только из атомов C, H и O. Соединение **G** – ахиральное и может быть получено напрямую из соединения **D** с использованием восстановительного озонирования, или через промежуточное образование стереоизомеров **E1** и **E2** с помощью OsO_4 , или через промежуточное образование стереоизомеров **F1** и **F2** с помощью пероксикислоты, изображенной на рисунке.

- 7.1. Определите эмпирическую (простейшую) формулу **G** по массовым долям элементов.
- 7.2. Запишите структурные формулы **A**, **B**, **C**, **D**, **E1**, **E2**, **F1**, **F2** и **G**.

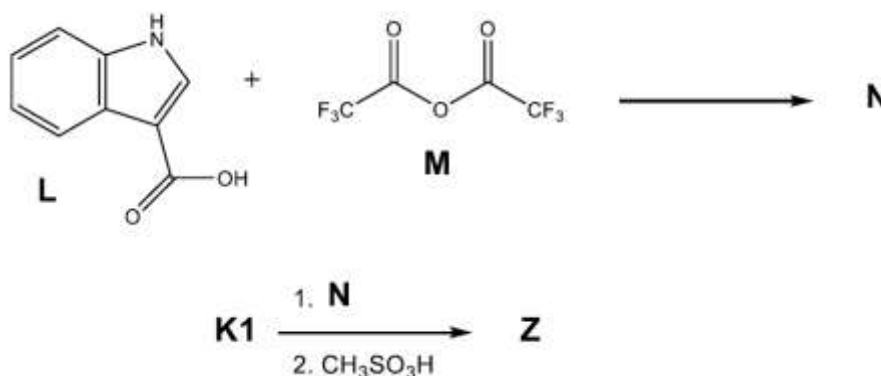
На следующей стадии соединение **G** в буферном растворе превращается в соединение **H** (в виде смеси двух ахиральных диастереомеров). Восстановление соединения **H** с использованием NaBH_4 позволяет получить спирт **I** (в виде смеси четырех ахиральных диастереомеров). Соединение **I** реагирует в кислой среде с дигидропираном с образованием соединения **J** (в виде смеси еще большего количества диастереомеров). Далее, сначала соединение **J** обрабатывают основанием — *tert*-бутилатом калия. После этого подкисляют раствор и кипятят. И наконец, доводят pH раствора до слабощелочного и экстрагируют продукт – соединение **K** в виде смеси двух диастереомеров, **K1** (основной продукт) и **K2** (побочный продукт). Эти соединения были разделены и **K1** был использован в последующих превращениях.



7.3.1. Запишите структурные формулы для соединений **H**, **I**, и **J**. Не нужно изображать различные диастереомеры.

7.3.2. Запишите структурные формулы для диастереомеров **K1** и **K2**.

На завершающих стадиях синтеза соединение **L** реагирует с соединением **M** с образованием промежуточного соединения **N**. Далее, **N** реагирует с соединением **K1** с образованием, после экстракции, амина в форме основания. Этот амин далее превращается в целевой продукт путем протонирования с помощью $\text{CH}_3\text{SO}_3\text{H}$.

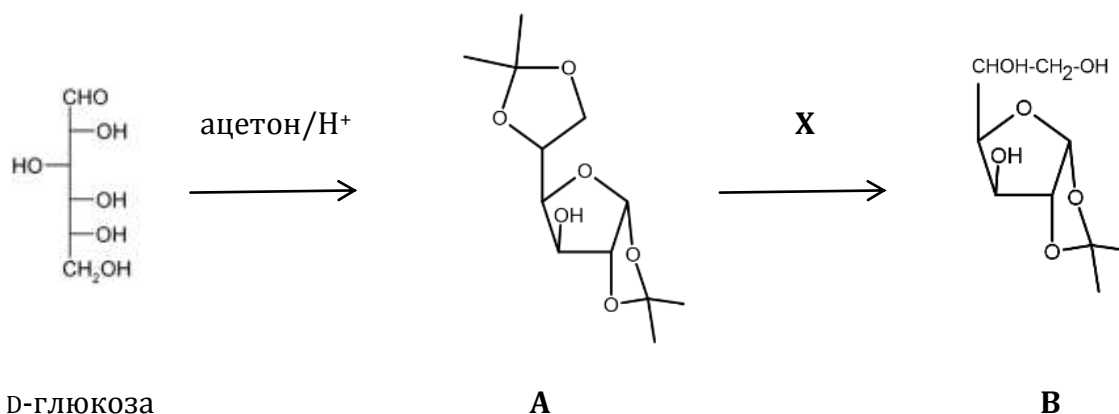


7.4. Запишите структурную формулу соединения **N**.

Задача 8

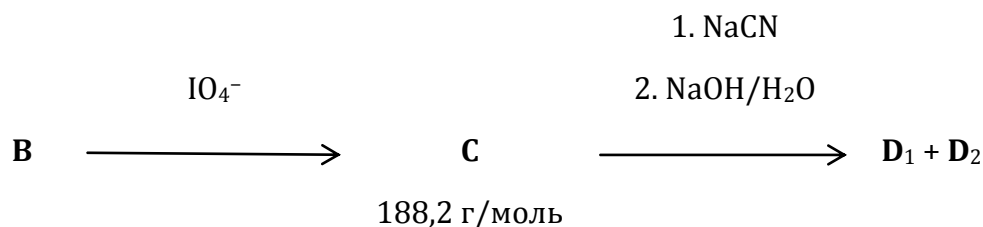
7 баллов

D-глюкоза может быть использована в синтезе различных сахаров необычного строения. Так, нагревание смеси глюкозы и ацетона с несколькими каплями концентрированной кислоты приводит к образованию диацетонида **A**. Затем **A** может быть селективно гидролизован в соединение **B**.

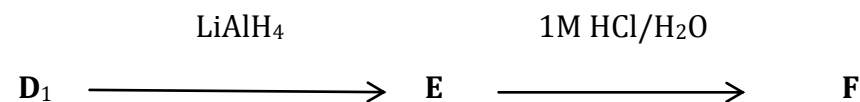


8.1. Выберите правильные ответы на тестовые вопросы в листах ответов.

При взаимодействии **B** с метапериодатом натрия образуется соединение **C**. Реакция **C** с водным раствором NaCN с последующим нагреванием в 10%-ном растворе NaOH ведет к образованию смеси двух диастереомеров **D**₁ и **D**₂. Эти соединения могут быть разделены методом колоночной хроматографии.



При взаимодействии **D**₁ с LiAlH₄ с последующим нагреванием с 1 М раствором HCl образуется сахар **F**, который является продуктом гидролиза самого распространенного в природе полисахарида.

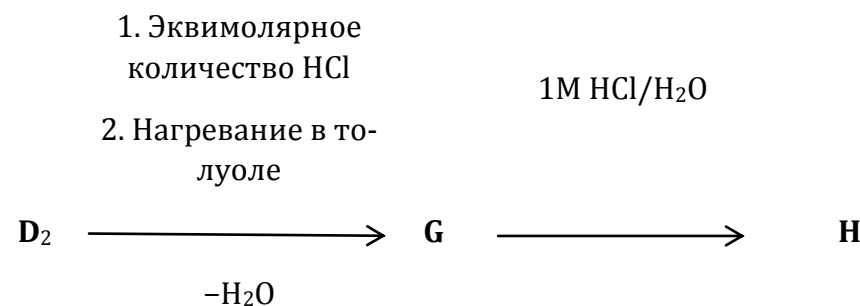


8.2.1. Нарисуйте структурные формулы соединений **C**, **D**₁, **D**₂, **E** и **F**, указав правильную стереохимию.

Изобразите **F** в форме шестичленной циклической структуры (дорисуйте необходимое, указав стереохимию). Отметьте волнистой линией связь, абсолютная конфигурация которой не определена.

8.2.2. Выберите правильные ответы на тестовые вопросы в листах ответов.

Обработка соединения **D**₂ соляной кислотой с последующим нагреванием в толуоле приводит к дегидратации с образованием соединения **G**, имеющего трициклическую структуру в неводных растворителях. Кипячение **G** в 1М растворе HCl дает соединение **H** (C₆H₁₀O₇), которое является производным природного сахара и содержит 6-членный цикл. Вещество **H** является строительным блоком гепарина – полисахарида-антикоагулянта, который вырабатывается в нашем организме.



- 8.3.1.** Нарисуйте структурную формулу **G** учитывая стереохимию. Изобразите **H** в форме 6-членной циклической структуры (дорисуйте необходимое, указав стереохимию). Отметьте волнистой линией связь, абсолютная конфигурация которой не определена.
- 8.3.2.** Выберите правильный ответ на тестовый вопрос в листах ответов.
- 8.3.3.** Ответьте на тестовый вопрос в листах ответов.



48-я Международная
химическая олимпиада

Теоретический тур

Листы ответов

28 июля 2016

Тбилиси, Грузия

Задача 1

5 баллов

1.1.	1.2.	1.3.	1.4.	1.5.	1.6.	1.7.	Сумма
3	1	2	2	2	4	3	17

1.1. На каком электроде образуется трифторид азота?

- Катод Анод

Напишите уравнение полуреакции образования NF_3 .

1.2. Предположите, какое из веществ – NF_3 , NHF_2 или NH_2F – имеет самую низкую температуру кипения.

- NF_3 NHF_2 NH_2F

1.3. Установите соответствие между длинами связи N–F (136, 140, 142 пм) и указанными выше молекулами.

Молекула	NH_2F	NHF_2	NF_3
Длина связи N–F, пм			

1.4. Запишите уравнение реакции образования бинарного соединения азота и фтора.

1.5. Предложите подходящий реагент для образования NF_4^+ и напишите уравнение реакции.

1.6. Запишите уравнение реакции гидролиза NF_4^+ .

Запишите уравнение возможной побочной реакции, которая приводит к уменьшению мольного соотношения $\text{O}_2:\text{NF}_3$ по сравнению с теоретически ожидаемым.

1.7. Определите формулу соли.

Расчет:

Формула:

Задача 2**8 баллов**

2.1.1	2.1.2	2.1.3	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6.1	2.6.2	2.6.3	Сумма
5	3	2	2	3	6	2	1	3	6	33

2.1.1. Какой из типов атомов (А или В) соответствует меди?

Сu:

Какой тип решетки (простая кубическая, гранецентрированная кубическая, объемноцентрированная кубическая или алмазоподобная) образован атомами А, а какой – атомами В?

	простая кубическая	ГЦК	ОЦК	алмазоподобная
А				
В				

Каковы координационные числа атомов?

А:

В:

2.1.2. Рассчитайте наименьшие расстояния О–О, Сu–О и Сu–Сu в структуре.

Расчеты:

О–О:

Сu–О:

Сu–Сu:

2.1.3. Рассчитайте плотность чистого оксида меди(I).

Расчет:

ПЛОТНОСТЬ:

2.2. Сколько процентов позиций для атомов меди не заполнено?

Расчет:

%:

Найдите значение x в формуле Cu_{2-x}O для этого кристалла

Расчет:

x :

2.3. Запишите уравнения реакций (1-3).

Уравнение реакции 1:

Уравнение реакции 2:

Уравнение реакции 3:

- 2.4. Определите температурные интервалы термодинамической устойчивости (если они есть) для меди и ее оксидов в диапазоне от 500 до 1500 К в атмосфере чистого кислорода при давлении 10^5 Па.

Расчет:

Температурный интервал в диапазоне 500-1500К	Наиболее устойчивая форма (Cu, Cu ₂ O или CuO)

2.5. Запишите уравнения полуреакций, протекающих на электродах при электролизе раствора NaOH с платиновым катодом и медным анодом.

Катод:

Анод:

2.6.1. Запишите уравнение полуреакции образования Cu_2O на катоде в кислой среде.

2.6.2. Рассчитайте максимальное значение pH раствора, в котором концентрация меди(II) может быть равна $0.100 \text{ моль дм}^{-3}$.

Расчет:

Максимальное pH:

2.6.3. Рассчитайте минимальное значение pH, при котором на катоде вместо меди будет образовываться Cu_2O при электролизе $0.100 \text{ моль дм}^{-3}$ раствора Cu^{2+} .

Расчет:

Минимальное pH:

Задача 3

9 баллов

3.1.1	3.1.2	3.1.3	3.2.1	3.2.2	3.2.3	3.3.1	3.3.2	3.3.3	сумма
2	2	6	5	4	7	6	11	5	48

3.1.1. Запишите сокращенное ионное уравнение иодата с избытком иодида в кислой среде.

3.1.2. Запишите сокращенное ионное уравнение реакции, протекающей при титровании тиосульфатом.

3.1.3. Рассчитайте содержание иода в образце в ppm.

Расчет:

ppm иода =

3.2.1. Выберите подходящую точку из приведенных данных и рассчитайте по ней произведение растворимости AgI (K_{spI}).

Расчет:

K_{spI} :

3.2.2. Выберите подходящую точку из приведенных данных и рассчитайте по ней произведение растворимости AgCl (K_{spCl}).

Расчет:

K_{spCl} :

3.2.3. Выберите подходящую точку из приведенных данных и рассчитайте по ней константу K_f .

Возможно для этого вам понадобятся значения K_{spI} или K_{spCl} . Но даже если вы не смогли их рассчитать в пп. **3.2.1** и **3.2.2**, можете использовать значения для особо одаренных: $K_{spI} = 1.00 \cdot 10^{-15}$ и $K_{spCl} = 1.00 \cdot 10^{-9}$ без потери баллов.

Расчет:

K_f :

- 3.3.1.** Запишите сокращенное ионное уравнение реакции церия(IV) с H_3AsO_3 в кислой среде, а также реакции церия(IV) с веществом, содержащим иод, и H_3AsO_3 с веществом, содержащим иод, которые объясняют каталитические свойства иодида в целевой реакции.

Ионное уравнение реакции церия(IV) с H_3AsO_3 в кислой среде:

Ионное уравнение реакции церия(IV) с веществом, содержащим иод:

Ионное уравнение реакции H_3AsO_3 с веществом, содержащим иод:

- 3.3.2.** Определите целые значения m , n и p и рассчитайте значение k (не забудьте указать единицы измерения).

Расчеты:

$m =$ $n =$ $p =$ $k =$

3.3.3. Рассчитайте содержание иода в образце соли в ppm.

Расчет:

ppm I =

Задача 4

8 баллов

4.1.1	4.1.2	4.1.3	4.2.1	4.2.2	4.2.3	4.3.1	4.3.2	Сумма
5	3	2	1	2	6	2	4	25

- 4.1.1.** Рассчитайте время в минутах, затрачиваемое на снижение концентрации диоксана до допустимого уровня при 303.15 К и начальной концентрации $K_2S_2O_8$, равной $5.0 \cdot 10^{-6}$ моль·дм⁻³. Примите, что в данном случае справедливо кинетическое уравнение, полученное из приведенных выше данных.

Расчет:

Время, затрачиваемое на окисление:

4.1.2. Используя квазистационарное приближение для Ag(III) , выведите кинетическое уравнение для скорости окисления диоксана.

Выкладки:

4.1.3.

4.2.1. Выразите k_{obs} через k_{H} , k_0 , k_{OH} и $[\text{H}^+]$.

Выкладки:

4.2.2.

4.2.3. Рассчитайте k_H , k_0 и k_{OH} . Не забудьте указать размерность.

Расчет:

k_0 :

k_{OH} :

k_H :

4.3.1.

4.3.2. Приняв, что протекают только реакции I, II и III, рассчитайте значение pH в минимуме k_{obs} .

Расчет:

pH в минимуме:

Задача 5**8 баллов**

5.1.1.	5.1.2.	5.1.3.	5.1.4.	5.1.5.	5.1.6.	5.2.1.	5.2.2.	5.3.	Сумма
1	3	2	2	5	2	1	1	2	19

5.1.1. Найдите массу газовой смеси, образующейся при нагревании **A** с **B** и SiO_2 .

Расчет:

5.1.2. Определите количественный состав газовой смеси.

Расчет:

Газовая смесь при 850°C содержит

..... моль вещества..... и моль вещества

5.1.3. Рассчитайте молярную массу и установите формулу минерала **В**. Подсказка: это – твердое вещество с ионной структурой, не растворимое в воде и не содержащее кристаллизационной воды.

Расчет:

Формула **В** :

5.1.4. Определите формулу минерала **С**.

Расчет:

Формула **С**:

5.1.5. Определите формулы Египетского синего и Китайского синего.

Расчет:

Формула Египетского синего:

Формула Китайского синего:

5.1.6. Определите формулу минерала А.

Расчет:

Формула А:

5.2.1. Предложите формулу минерала, который могли использовать вместо С.

5.2.2. Можно ли было проводить синтез китайского синего при пониженной температуре в случае использования этого минерала вместо С?

Да Нет

5.3. Запишите формулу бинарного соединения, которое образуется при синтезе Китайского фиолетового и отвечает за отличие его цвета от цвета Китайского синего.

Задача 6**7 баллов**

6.1.1.	6.1.2.	6.2.1.	6.2.2.	6.2.3.	6.3.1.	6.3.2.	Сумма
24	4	3	6	2	2	8	49

6.1.1. Запишите структурные формулы соединений **A**, **B**, **C**, **D**, **F** и **G**. Ни одна из указанных реакций, кроме последней с L-селектридом, не является стереоселективной, поэтому стереохимию соединений в ответах указывать не нужно.

A	B
C	D
F	G

6.1.2. Предложите формулу реагента **X**, с помощью которого можно превратить соединение **D** в соединение **E**.

X

6.2.1. Каков энантиомерный избыток в образце, полученном промышленным способом?

Расчёты:

ee:

6.2.2. Определите абсолютную конфигурацию обозначенных стереоцентров (α , β , γ) в соединении **(-)-1** по *R/S*-номенклатуре.

α

β

γ

6.2.3. Приведите формулу реагента, который осуществляет ту же самую реакцию, что и L-селектрид, превращая **H** в **1**. Стереоселективность в данном случае не важна.

6.3.1. Приведите формулу соединения **Y**, под действием которого протекает первое превращение в данной схеме.

Y

6.3.2. Предложите структурные формулы для соединений **J** и **K**.

J	K

Задача 7

8 Баллов

7.1.	7.2.	7.3.1.	7.3.2.	7.4.	Сумма
2	36	16	8	4	66

- 7.1. Определите эмпирическую (простейшую) формулу **G** по массовым долям элементов.

Расчет:

- 7.2. Запишите структурные формулы **A, B, C, D, E1, E2, F1, F2** и **G**.

A	B
C	D
E1 и E2	

F1 и F2

G

7.3.1. Запишите структурные формулы для соединений **H**, **I**, и **J**. Не нужно изображать различные диастереомеры.

H

I

J

7.3.2 Запишите структурные формулы для диастереомеров **K1** и **K2**.

K1

K2

7.4. Запишите структурную формулу соединения **N**.

N

Задача 8

7 баллов

8.1.	8.2.1.	8.2.2.	8.3.1.	8.3.2.	8.3.3.	Сумма
4	10	1	4	1	2	22

8.1.1. Какое из следующих утверждений справедливо?

- A** – это α -аномер.
 A – это не α - и не β -.
 A – это β -аномер.
 A – это смесь α - и β -аномеров.

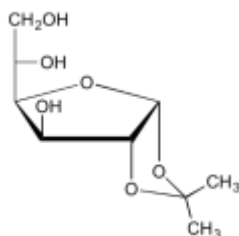
8.1.2. Какое из следующих утверждений справедливо?

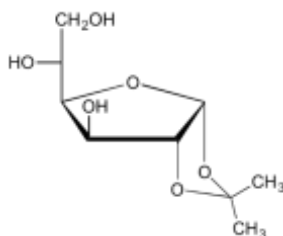
- Мы можем получить **A** только исходя из α -D-глюкозы.
 Мы можем получить **A** только исходя из β -D-глюкозы.
 Мы можем получить **A** исходя как из α -D-глюкозы, так и из β -D-глюкозы.

8.1.3. Какой из реагентов (**X** в схеме) может быть использован для селективного гидролиза соединения **A**?

- 50% раствор уксусной кислоты
 концентрированная H_2SO_4
 6M раствор HCl в воде
 1M раствор $NaOH$ в воде
 6M раствор HCl в уксусной кислоте

8.1.4. Какая структура вещества **B** имеет правильную стереохимию?

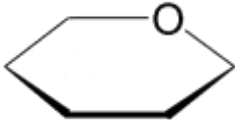




Ни одна из этих двух

8.2.1. Нарисуйте структурные формулы соединений **C**, **D**₁, **D**₂, **E** и **F**, указав правильную стереохимию.

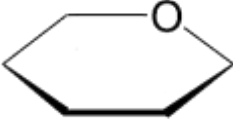
Изобразите **F** в форме шестичленной циклической структуры (дорисуйте необходимое, указав стереохимию). Отметьте волнистой линией связь, если ее абсолютная конфигурация не определена.

C	D₁
D₂	E
F 	

8.2.2. В целом синтетический путь от глюкозы к соединению **F** не выглядит очень полезным. Однако в некоторых случаях такой путь превращений является наиболее удобным методом получения **F**. В каком случае?

- Получение **F** с ^{13}C меткой по 6-му атому углерода.
- Получение **F** с ^{13}C меткой по 5-му атому углерода.
- Получение **F** с ^{13}C меткой по 1-му атому углерода.
- Получение **F** с ^{15}O меткой по гликозидной OH-группе.
- Получение необычного изомера **F**.

- 8.3.1. Нарисуйте структурную формулу **G** учитывая стереохимию. Изобразите **H** в форме 6-членной циклической структуры (дорисуйте необходимое, указав стереохимию). Отметьте волнистой линией связь, если ее абсолютная конфигурация не определена.

G	H
	

- 8.3.2. Какова стереохимия в местах сочленения циклов в соединении **G**?
- оба сочленения имеют цис-конфигурации.
 - одно имеет цис-, а другое – транс-конфигурации.
 - оба имеют транс-конфигурацию.
- 8.3.3. Какие из следующих утверждений справедливы для соединения **H**? (Вы можете отметить более одного утверждения)
- H** – восстанавливающий сахар (реагирует с реактивом Фелинга).
 - H** – альдаровая кислота (дикарбоксильное производное альдозы).
 - H** – альдоновая кислота (α -карбоксильное производное альдозы).
 - H** – уроновая кислота (ω -карбоксильное производное альдозы).
 - H** – кетоза.
 - H** – лактон.
 - H** – D-сахар.
 - H** – ахиральное соединение.
 - H** – мезо соединение.